

硬脆材と金属の接合に関する研究 (第2報)

— Ti含有ろうによるルビーと銀接合部の特性 —

斎藤 修・宮川 和幸

Study on Bonding of Hard and Brittle Materials and Metals (2nd Report)

— Properties of Ruby-Silver Joints Brazed with Ti-Containing Brazing Filler —

Osamu SAITO and Wako MIYAGAWA

要 約

前年度の研究¹⁾から、ろう付面の変色は侵食によるセラミックス側ろう付面の平坦度の低下に起因し、侵食が低減するろう付条件を選定すると抑制できることが判った。ろう付面侵食の抑制には、接合温度を低下させ界面反応を抑制することが有効であるが、接合強度の低下を招く恐れがある。そこで本研究は、異なる侵食表面形態を示す3種類のTi含有ろう材を用いてルビーと銀丸棒をろう付し、ろう付部の継ぎ手強度やフィレット形成状況を調べ、各ろう材のろう付特性を比較検討した。その結果、60Ag-24Cu-14In-2Tiろうによるルビーと銀合金接合部は、銀合金の母材強度に匹敵する150MPa程度の接合強度を示し、フィレット形成、接合強度の点で優れた特性を示した。

Summary

Silver alloy rod was brazed to ruby plate with Ti-containing brazing fillers which showed different corrosion depth at the brazed ruby surface. Bonding strength of joint was examined by tensile test, in order to investigate the influence of corroded surface on the bonding strength, and fillet formation at brazed joint was observed by video microscope. According to tensile test, joints brazed with 60Ag-24Cu-14In-2Ti filler showed highest tensile strength, and they were fractured in silver alloy rod. In order to ignore the effect of silver dissolution into the brazing filler, Mo rod was brazed to ruby instead of silver alloy rod with 72Ag-26Cu-2Ti and 60Ag-24Cu-14In-2Ti brazing fillers, and their bonding strength was compared. As the result, the bonding strength brazed with 60Ag-24Cu-14In-2Ti filler was about 70MPa stronger than that with 72Ag-26Cu-2Ti filler, and they were fractured in ruby substrate. Therefore, it is assumed that bonding strength is influenced by the morphology of corroded surface.

1. 緒 言

セラミックスは優れた特性を有する反面、コストが高く加工性に乏しい材料である。このため、セラミックスを活用する場合、金属材料と組み合わせて使用する場合が多く、信頼性の高い溶接・接合技術の確立が望まれている。

筆者らは、ろう付過程でTi含有ろう材がアルミナ単結晶であるルビーを侵食する現象を認め、この現象が反応層の形成やろう付面の変色現象に大きな影響を及ぼすことを報告した¹⁾。ろう付面の変色は、侵食によるルビー側ろう付面の平坦度の低下に起因し、侵食が抑制されるろう付条件を選定すると改善される²⁾。しかし、侵食の抑制は、ルビー/ろう材間の界面反応の抑制でもあるため、接合強度が低下する可能性が考えられる。そこで本研究では、異なる侵食表面形態を示す3種類のTi含有ろう材³⁾を用い

て、ルビーと銀丸棒をろう付し、ろう付部の継ぎ手強度やフィレット形成状況を調べ、各ろう材のろう付性を比較検討した。

2. 実験方法

2-1 Ti含有ろうによるルビー/銀合金接合部の接合強度

実験には火炎溶融法⁴⁾で作成した人工ルビー板(厚さ5.0mm; 信光社製)を用いた。接合面はミラー指数で(1012)面に相当し、表面粗さがRa(0.4μm)以下になるまで鏡面研磨した後、アセトンで洗浄して用いた。ルビーと接合する金属には、直径3.0mmの銀合金丸棒(92.5Ag-7.5Cu)を用い、図1の形状に配置して真空炉中(2×10⁻²Pa)で接合した。ろう材は異なる侵食面形態を示す3種類

のTi含有ろう (A:72Ag-26Cu-2Ti, B:60Ag-24Cu-14In-2Ti, C:In-Pb-Ti) を用い、ろう付温度はそれぞれ1123K, 1023K, 873Kとした。接合試験片は、ろう付部のフィレット形成状況をビデオマイクロスコープで観察した後、図2に示す方法で接合強度を測定した。

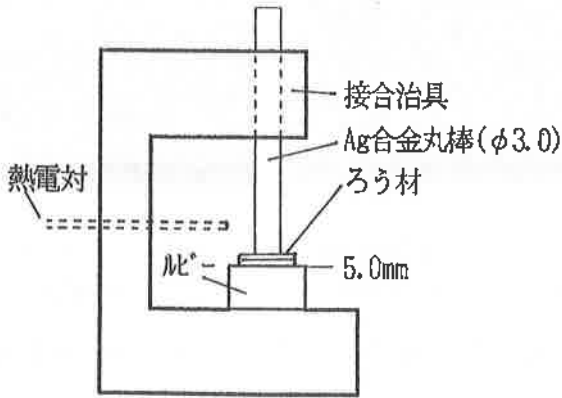


図1 ろう付試験片の配置とろう付方法

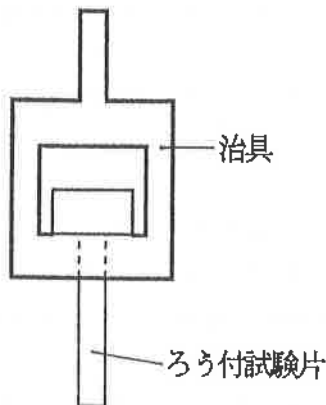


図2 ろう付試験片の引張試験方法

2-2 侵食表面形態の接合強度への影響

ルビー／銀合金の接合では、フィレット形状の観察により、ろう付過程で銀合金の溶融ろうへの溶出が認められた。

銀の溶出は、ろう材組成や接合強度へも影響を及ぼすものと考えられる。そこで接合金属側に、ろう材への溶出がほとんど起こらないMo丸棒を使用し、異なる侵食面形態を示すろう材A (72Ag-26Cu-2Ti) とろう材B (60Ag-24Cu-14In-2Ti) を用いてルビーとMoを接合し、接合強度と侵食面形態との関係を検討した。

3. 実験結果および考察

3-1 ルビー／銀ろう付部の接合強度

図3にルビー／銀合金接合試験片の引張試験結果を示す。大きな変色を示すろう材Aによる接合部は、48~115MPaと接合強度のばらつきが大きく、破断はルビー内部とろう材部が混在する領域で起こった。変色が少ないろう材Bによる接合部は、銀合金の溶出も少なく、主に銀合金母材部で破断を起こした。このろう材の接合強度は、ほぼ150MPaと高強度を示した。最も変色が少ないろう材Cの接合部は、ほぼ75MPaの接合強度を示したが、破断はろ

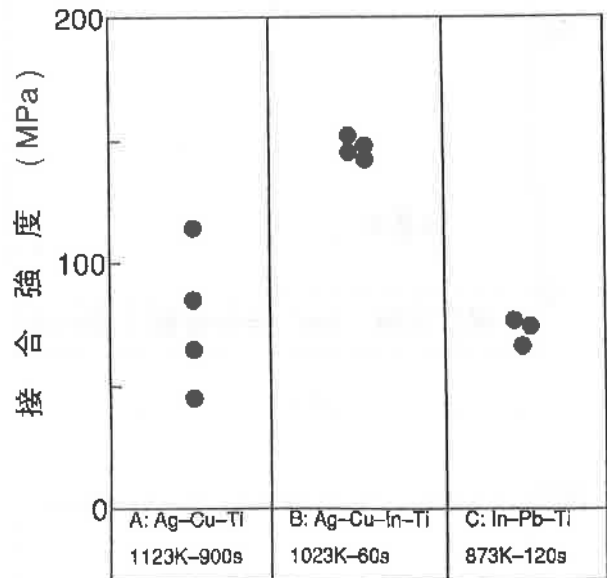


図3 ルビー／銀丸棒接合部の接合強度

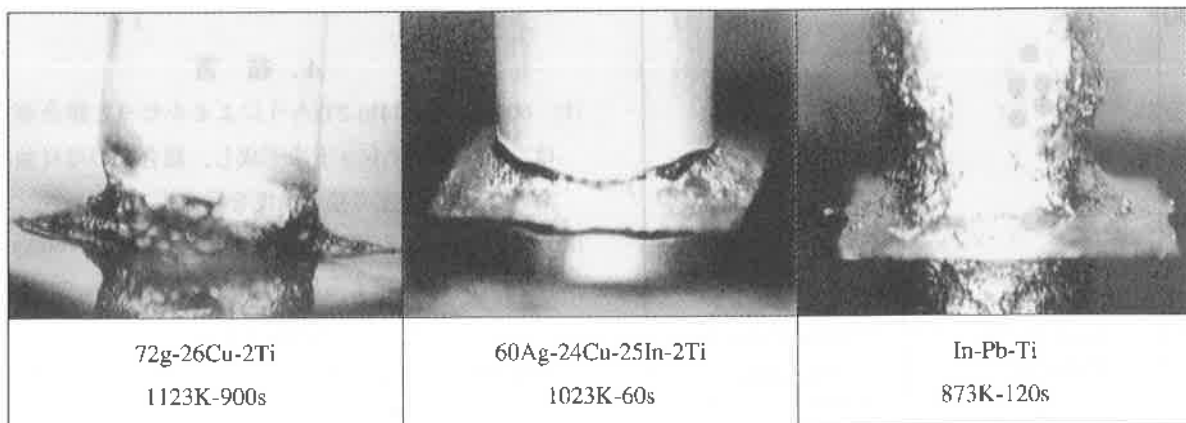


図4. ルビー／銀合金ろう付部のフィレット形成状況

ろう材内部で起こることから、ろう材強度を改善することにより、さらに接合強度の上昇が可能になるものと推察される。図4に各接合条件でのフィレット形成状況を示す。72Ag-26Cu-2Ti、In-Pb-Tiの箔積層ろうでは、銀合金のろう材への溶出が認められるが、60Ag-24Cu-14In-2Tiろう材では、銀合金の溶出は少なく、良好なフィレット形成を示した。図5はIn-Pb-Tiろうを用いてルビーと銀丸棒、並びにルビーとMo丸棒をろう付し接合強度を比較した結果である。接合金属側に溶出が起こらないMoを用いた場合、接合強度はおよそ15MPaであるのに対し、Ag合金では70MPaの接合強度を示した。この結果は、In-Pb-Tiろうでは、接

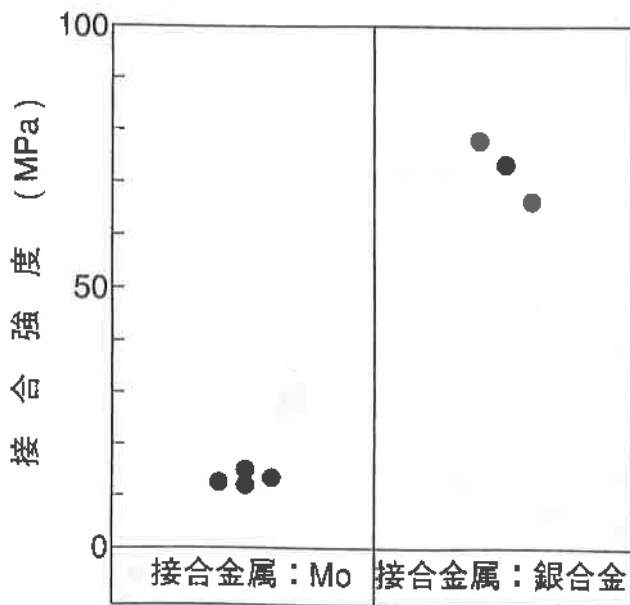


図5 ろう付強度に及ぼすIn-Pb-Ti系ろうへのAg溶出の影響

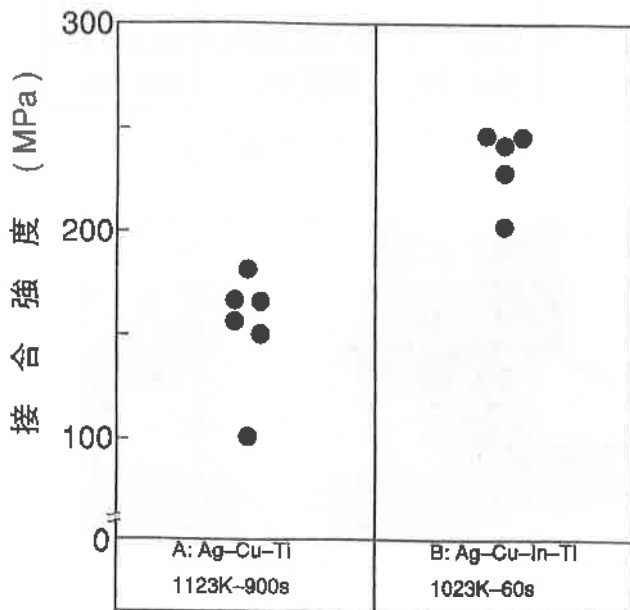


図6 ルビー/Mo丸棒のろう付強度

合過程で銀のろう材への溶出が起こり、ろう材強度が上昇することを示すものである。以上の結果から、接合強度、フィレット形成の点では、ろう材Bが最も良好な接合性を示した。

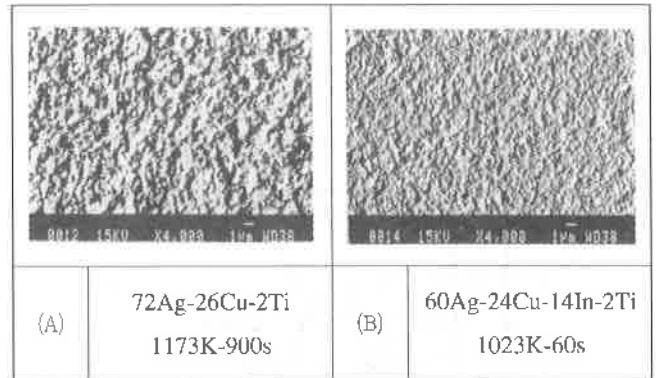


図7 ろう材溶出後のルビー侵食面のSEM観察結果

3-2 侵食表面形態の接合強度への影響

ルビー/Mo接合部の引張試験結果を図6に示す。ろう材Bによる接合部は、ろう材Aによる接合部よりおよそ70MPa程度高強度を示した。破断は、両試験片ともルビー内部、またはルビー内部と接合界面が混在する領域で起こっており、接合強度はルビーにクラックが発生するまでの荷重に依存しているものと推察される。図7に示すように、両ろう材では侵食表面形態が異なり、大きな凹凸を示すろう材Aの接合部で低い値を示している。この結果は、侵食表面形態の差異が、接合強度にも影響を及ぼす可能性を示唆するものである。しかし、両ろう材では凝固温度が異なり、接合部に発生する熱応力が相違する他、侵食量の差は反応層の厚さや脆化にも影響を及ぼすものと推察され、接合強度差の原因は明確ではない。しかし、侵食の少ない60Ag-24Cu-14In-2Tiろうの接合部が、Ti入り共晶銀ろうより高強度を示した実験結果から、界面反応の制御によりろう付面変色の抑制と接合強度の改善が図れるものと推察される。

4. 結言

- (1) 60Ag-24Cu-14In-2Tiろうによるルビーと銀合金接合部は、良好なフィレットを形成し、銀合金の母材強度より高い150MPa程度の接合強度を示す。
- (2) ルビーとMoの接合では、侵食量が少ない60Ag-24Cu-14In-2Tiろう材による接合部が、72Ag-26Cu-2Tiろうによる接合部よりおよそ70MPa高強度を示す。
- (3) In-Pb-Ti系の箔積層ろうでは、銀合金のろう材への溶出により接合強度が上昇する。
- (4) ルビーと金属のろう付部では、接合界面反応の制御に

より、ろう付面変色と接合強度の改善が図れる。

参考文献

- 1) 齊藤, 高尾: 山梨県工業技術センター研究報告No.10, (1996)
- 2) 齊藤, 鈴木, 小川: 人工ルビーと金属の接合に関する研究 (第1報), 溶接学会論文集, 14-3 (1996) 563-569
- 3) 齊藤, 鈴木, 小川: 人工ルビーと金属の接合に関する研究 (第2報), 溶接学会論文集, 14-4 (1996) 717-722
- 4) 齊藤, 鈴木, 小川: 第3回機械材料・材料加工技術講演会講演論文集, No95-38 (1995) 69-70
- 5) Osamu Saitoh, Akio Suzumura, Hiroataka Ogawa: Interfacial Reaction Between Ruby and Ag-Cu-Ti Brazing Filler Metals, Proceeding of 6th International Symposium of Japan Welding Society, Vol.1 (1996), P131-137
- 6) 齊藤, 鈴木, 小川: 活性金属ろう付面の変色現象とその抑制, 日本機械学会 (投稿中)
- 7) 近山: 宝石, 全国宝石学協会 (1982) 337-338